

発泡廃ガラスを用いた河川浄化に関する実験的検討

田中 健太
荒木 宏之
山西 博幸
松尾 保成

日本建設技術(株)

佐賀大学低平地研究センター

佐賀大学低平地研究センター

日本建設技術(株)

1. はじめに

低平地では、土地の勾傾が小さいことや潮汐の影響を受けて水は停滞し、水質の悪化を引き起しやすい。このため、水質を保全するために下水道等の整備が最も必要な地域とも言える。下水道等の整備地区では河川の水質が改善されてきているが、未整備地区では河川が持つ自然浄化能力を上回る工場排水、生活雑排水等からの汚濁負荷が河川に流入し、環境基準を上回る場合も見受けられる。このような下水処理場の未整備地区や汚濁された都市域での下水処理システムの補完のために河川の直接浄化が行われており¹⁾、特に接触酸化法が広く使われている。接触酸化法に用いる接触材としては、礫、プラスチック、貝殻のような様々な素材が用いられてきた。近年では、高効率浄化、廃棄物の有効利用や省エネルギーという視点で水質浄化法の研究開発も行われている¹⁾。

一方、ワインびんなどの有色ガラスはリサイクルが困難でその多くが埋立て処分されるため、埋立処分場の不足や不法投棄などの問題が各地で発生している。ゼロエミッションという視点からもそのリサイクル用途の拡大が急務となっており、その一助として、ガラス廃材を原料とした発泡廃ガラス(FWG)が開発された²⁾。その発泡廃ガラスには非吸水性(独立気孔)と吸水性(連続気孔)のものがあ、前者は軽量盛土材、軽量骨材などに、後者は岩盤斜面・屋上緑化用軽量保水材などに利用されてきた^{2)~4)}。発泡廃ガラスの水質浄化分野への利用として、筆者らは発泡廃ガラスが有するミクロンオーダーの微細な気孔(写真-1)に着目し、接触酸化法の接触材として用いた河川浄化への適用可能性を上向流カラム試験において確認した⁵⁾。

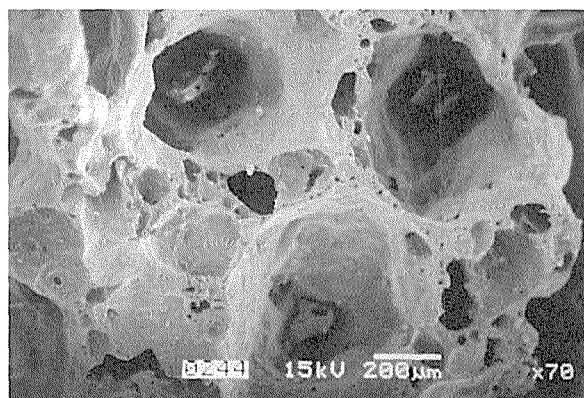


写真-1 発泡廃ガラス(連続気孔)の電子顕微鏡写真

このような背景から、本研究では河川浄化のための発泡廃ガラスを用いた水質浄化システムの設計、運転管理条件を決定するための基礎資料を得るために、長期連続通水実験を行った。

2. 実験施設および方法

実験施設の断面図を図-1に示す。この施設は、唐津市北波多浄水場にある施設を改造したものである。幅1,540mm、長さ5,030mm、水深1,200~1,500mm、充填容積10.45m³の水槽2系列からなり、異なる滞留時間で同時に実験が行える。発泡廃ガラス(空隙率44%、真比重0.4、粒径10~20mm)を充填し、河川水を下方より通水し、接触材を通過させ、上部の堰で越流・放流している。実験施設には遮光と、雨水の浸入を防ぐために屋根を取り付けた。水理学的滞留時間(HRT:空筒速度基準)をそれぞれ実験の前半には2時間と4時間、後半には0.5時間と8時間の組み合わせで、それぞれ約2ヶ月の長期実験を行い、流入水と処理水の水質を測定した。滞留時間を変更する際に、流入側において生物膜の付着確認及び排泥を行った。測

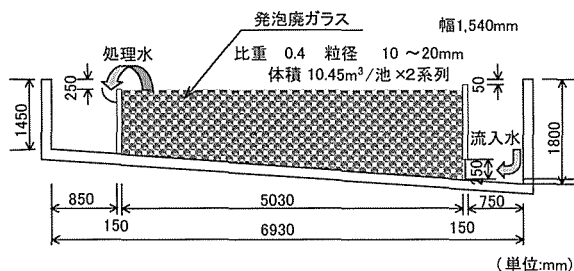


図-1 実験施設概略図

表-1 実験条件

項目	実験前半	実験後半
HRT (hr)	2, 4	0.5, 8
水温 (°C)	20~27	13~19
透視度 (°C)	14~94	39~100
pH	7.3~7.5	7.3~8.0
DO (mg/L)	6.2~8.9	7.1~10.3
SS (mg/L)	2~177	1~48
BOD (mg/L)	0.7~4.6	1.1~2.5
T-N (mg/L)	1.5~3.7	2.0~3.5
NH ₄ -N (mg/L)	0.06~0.13	0.07~0.13
NO ₂ -N (mg/L)	0~0.01	0~0.02
NO ₃ -N (mg/L)	0.7~1.8	0.9~1.9
T-P (mg/L)	0.4~1.3	0.6~1.0
PO ₄ -P (mg/L)	0.10~0.57	0.08~0.45
Fe (mg/L)	0.11~0.84	0.19~0.32
Mn (mg/L)	0.015~0.118	0.020~0.061
Chl-a (μg/L)	2.0~13.3	1.3~16.8
大腸菌群数 (MPN/100mL)	3,600~46,000	360~15,000

定水質項目は水温、透視度、DO、pH、SS、BOD、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-P、Chl-a、Fe、Mn、大腸菌群数である。実験条件は表-1に示すとおりである。水質分析はT-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-P、Fe、Mnにおいては多項目迅速水質分析計 (HACH 社製 DR/2010) を使用し、その他の水質項目においては河川水水質試験法 (案) に準拠した。

3. 結果と考察

SSの経日変化を図-2に示す。河川からの流入SS濃度は降雨等の影響で高い時で180mg/lに達するが、その時の処理水濃度は2mg/l以下と安定している。除去率は滞留時間の違いによる差違は小さく、2時間以上で90%を越える。発泡廃ガラスのSS捕捉能力の高さが伺える。水面積負荷と除去率の関係を図-3に示す。短絡などにより浄化が不安定になりがちな滞留時間0.5時間を除けば概ね良くまとまっている。さらに図示していないが、透視度が10cmと低い場合もあるものの、処理水透視度は全ての滞留時間において100cm以

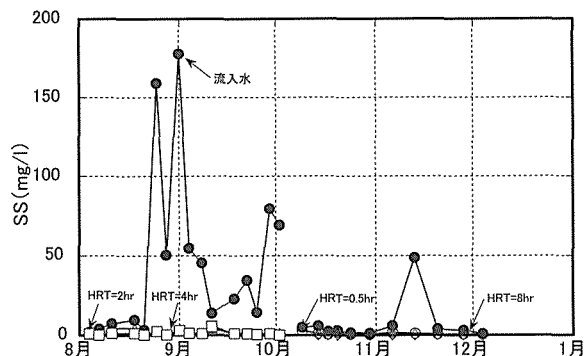


図-2 SSの経日変化

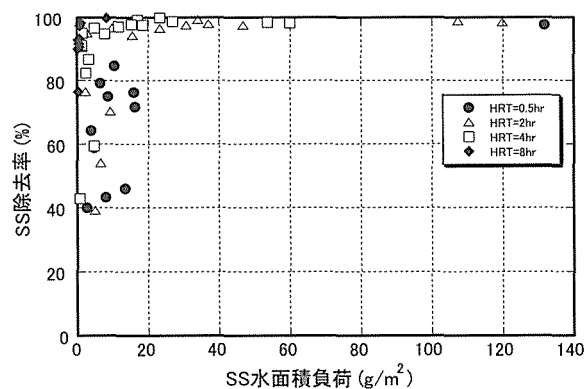


図-3 SS水面積負荷と除去率の関係

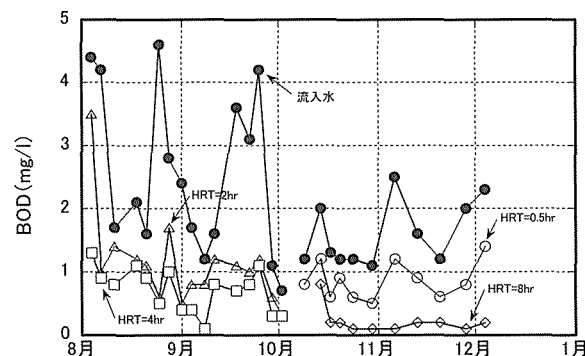


図-4 BODの経日変化

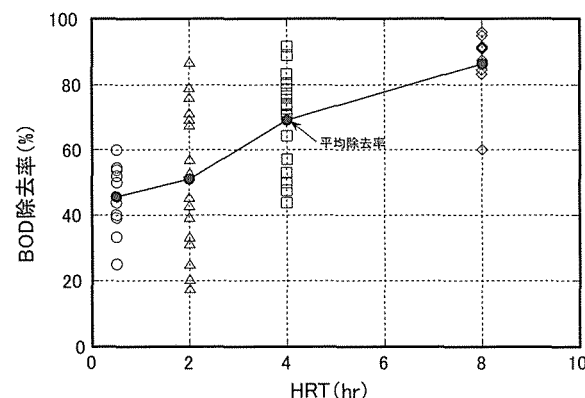


図-5 滞留時間とBOD除去率の関係

上であり、SSの除去効率と併せて優れた濁度改善機能も持ち合わせている。

図-4のBODの経日変化から、対象河川の水質が比較的良好ではあるものの処理水BODは滞

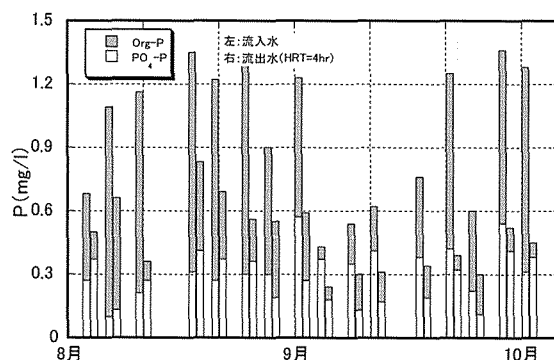
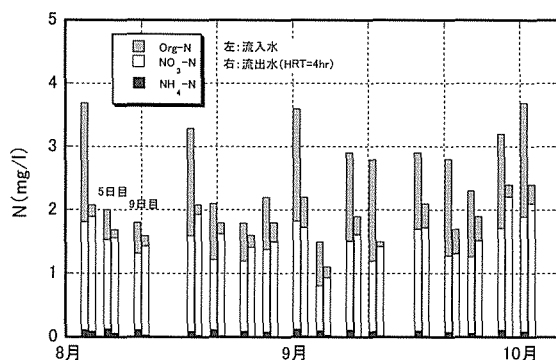


図-6 N, Pの成分分布及び経日変化

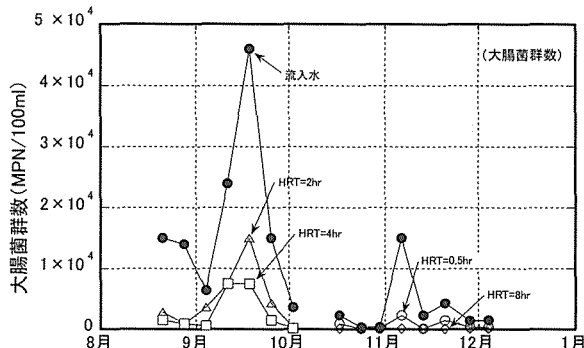
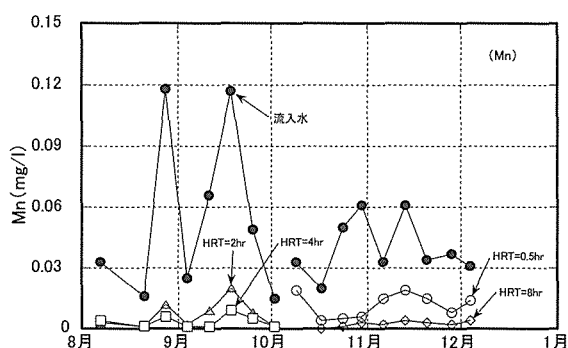
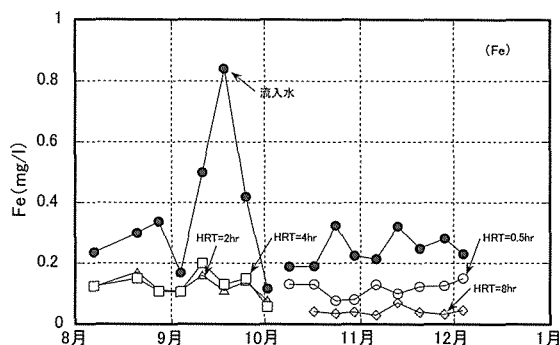
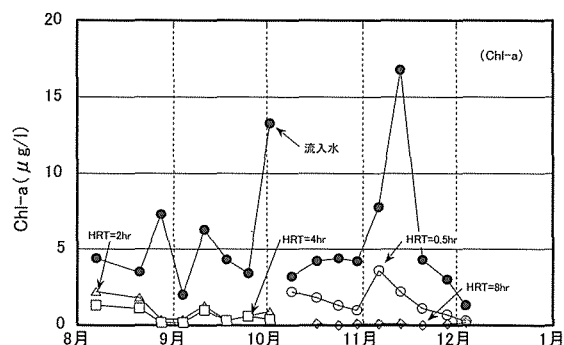


図-7 各水質の経日変化

留時間の増加に伴い低くなっていることが分かる。特に、8時間と長い滞留時間においては0.2mg/l程度まで浄化されている。図-5の滞留時間とBOD除去率の関係では、流入水濃度が低いためデータのばらつきが大きくなっているものの、滞留時間の増加に応じて、除去率が上昇し、滞留時間4時間程度で50~90%の除去率が得られることが分かる。

各態N, P濃度の経日変化を図-6に示す。亜硝酸性窒素は流入水、処理水共に0.02mg/l以下であった。滞留時間4時間を例にとると、実験開始後5日目頃から処理水中のアンモニア性窒素の減少と硝酸性窒素の上昇が見られた。9日目になると硝化率は90%程度となった。また、接触槽内は好氣的($DO > 5 \text{ mg/l}$)であり、脱窒は生じないことから、全窒素の減少は主に懸濁態窒素の沈降、吸着と生物同化によるものである。平均除去率は30%である。また、りん除去も窒素同様に懸

濁態りんとしての沈降、吸着によるものが主であり、それに生物同化が加わる。平均除去率は50%程度であった。

図-7に各水質の経日変化を示す。藻類は懸濁態であることから、藻類の指標であるChl-aは、前述したSSの除去特性と関連するものであり、除去率も滞留時間2時間以上で80%以上と良好な結果が得られた。また、鉄で40%以上、マンガンで80%以上の除去が可能であり、両処理水濃度は水道水の水質基準を満足している。大腸菌群数においては、無機物である発泡剤ガラスの殺菌効果による大腸菌群数の除去効果をもとより期待することはできないが、処理水で数千MPN/100ml以下(70~80%以上)の除去が達成されている。除去の機構としては懸濁物質と共に捕捉・吸着されることのほか、付着生物膜による吸着と捕食が考えられる。

4. おわりに

本研究では、河川浄化のための発泡廃ガラスを用いた水質浄化システムの設計、運転管理条件を検討する際の基礎資料を得るために、長期連続通水実験を行った。その結果は以下のとおりである。

- (1) 現在までに発泡廃ガラスが適用されてきた軽量盛土、斜面（岩盤・モルタル）緑化、屋上緑化等に加え、水質浄化の分野でも高い適用性があることが分かった。
- (2) 発泡廃ガラスは軽量であるため作業性が容易であり、試験期間において、変状は見られず、接触材としての十分な強度を有している。
- (3) SSの沈殿、ろ過、吸着のみならず、付着生物膜による酸化分解、硝化、生物同化が良好に行われることが確認でき、各水質項目で高い除去率が得られた。これは、発泡廃ガラスがミクロンオーダーの気孔を有するため、発泡廃ガラスへの汚濁物質の吸着量や生物膜付着量が大きく、高効率的に浄化されたものと考えられる。

現在は、発泡廃ガラスの表面をゼオライト化した高機能性材料の開発に成功し、それを用いてSS、BODだけでなく、栄養塩や重金属の除去が可能な水質浄化システムの開発中である⁶⁾。

謝 辞

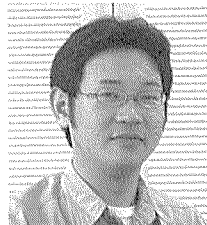
本研究は、平成15年度低平地プロジェクト研究からの助成を受けました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田中健太，原裕，安高進，荒木宏之：発泡廃ガラス材を接触酸化法に用いた河川浄化，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集（DISC2），pp.53～54, 2004.
- 2) 鬼塚克忠，横尾磨美，原裕，吉武茂樹：発泡廃ガラス材の工学的特性と有効利用の一例，地盤工学会，土と基礎，Vol.47，No.4，pp.19～22, 1999.
- 3) 原裕，鬼塚克忠，佐藤磨美，桃崎節子：環境に配慮した斜面緑化の事例－発泡廃ガラス材を用いた緑化－，地盤工学会，土と基礎，Vol.49，No.10，pp.13～15, 2001.
- 4) 原裕，鬼塚克忠，原眞由美，桃崎節子：発泡廃ガラス材のクラスター構想－屋上緑化への有効利用－，地盤工学会，土と基礎，Vol.51，No.6，pp.27～29, 2003.
- 5) 田中健太，荒木宏之，山西博幸，原裕，安高進：水質浄化に用いる接触材としての発泡廃ガラス材の適用性，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集（DISC2），pp.255～256, 2003.
- 6) Tanaka, K., Hara, Y., Ataka, S., Matsuo, Y., Hung, H. D. and Araki, H.: Application of Zeolitized FWG to Water Quality Improve-

ment, Proceeding of International Symposium on Lowland Technology 2004, pp.523-528, Thailand, 2004.

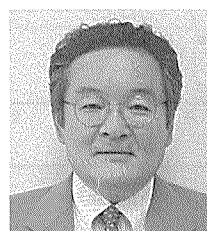
著者略歴



田中 健太

(たなか けんた)

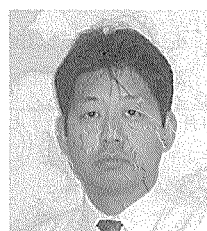
1998年 佐賀大学理工学部土木工学科卒業
2000年 佐賀大学工学系研究科建設工学専攻修了
2000年 日本建設技術株式会社
現在 日本建設技術株式会社 技術研究所
修士（工学）



荒木 宏之

(あらか ひろゆき)

1978年 佐賀大学大学院修士課程修了
2001年 佐賀大学低平地研究センター教授
工学博士



山西 博幸

(やまにしひろゆき)

1988年 九州大学工学部卒業
1990年 九州大学大学院工学研究科修士課程修了
1990年 (株)熊谷組筑波技術研究所入社
1991年 九州大学工学部助手
2001年 佐賀大学低平地研究センター助教授
博士（工学）



松尾 保成

(まつお やすなり)

1984年 佐賀大学理工学部土木工学科卒業
1986年 佐賀大学大学院理工学研究科修了
1987年 松尾建設株式会社
2003年 佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程修了
現在 日本建設技術株式会社 技術研究所
博士（工学）